



黄明度, 欧阳革成. 柑橘-藿香蓍复合种植系统控害作用的研究与应用 [J]. 环境昆虫学报, 2025, 47 (3): 776–783. HUANG Ming-Du, OUYANG Ge-Cheng. Research and application of *Ageratum conyzoides* as ground cover plant against citrus pests [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2025, 47 (3): 776–783.

柑橘-藿香蓍复合种植系统控害作用的研究与应用

黄明度, 欧阳革成*

(广东省科学院动物研究所, 广东省动物保护与资源利用重点实验室, 广东省野生动物保护与利用公共实验室, 广州 510260)

摘要: 通过构建复合种植系统, 提高自然天敌和生物防治措施对病虫害可持续控制的效能, 以实现环境安全、作物健康和效益提升, 是现代农业发展的方向。本文对橘园间种、保留菊科杂草藿香蓍 *Ageratum conyzoides* 以控制虫害的研究与应用进行综述。藿香蓍作为橘园地被, 通过改善利于捕食螨种群稳定和增长的小气候、丰富捕食螨的食物来源和栖息场所、增加捕食螨在植物间迁移的安全性和远距离活动的可能性, 从而对柑橘全爪螨 *Panonychus citri* 等重要害虫实现可持续控制。相关技术已广泛应用于柑橘园, 产生了良好的生态效益和经济效益。

关键词: 生物多样性; 害虫生态调控; 自然天敌; 功能植物

中图分类号: Q968.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2025) 03-0776-08

Research and application of *Ageratum conyzoides* as ground cover plant against citrus pests

HUANG Ming-Du, OUYANG Ge-Cheng* (Guangdong Key Laboratory of Animal Conservation and Resource Utilization, Guangdong Public Laboratory of Wild Animal Conservation and Utilization, Institute of Zoology, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510260, China)

Abstract: In order to achieve environmental safety, crop health and benefit improvement, there is a need to improve the sustainable effect of natural enemies and biological control measures against diseases, pests and weeds through the construction of polyculture system, which is the developing direction of modern agriculture. The research and application of interplanting and retaining the compositaceae weed *Ageratum conyzoides* in citrus orchard for pest control were summarized. The sustainable control of important pests such as citrus red mite, *Panonychus citri*, was achieved by improving the microclimate conducive to the stability and development of predator mite population, enriching the food source and habitat of predator mite, and increasing the safety of predator mite migration between plants and the possibility of long-distance activity. The relevant technology has been widely used in citrus orchard, and substantial ecological and economic benefits have been achieved.

Key words: Biodiversity; ecological pest management; natural enemy; functional plant

单一作物品种的大面积种植和化学农药的大规模应用, 虽然在最初降低了种植成本, 提高了经济效益, 但其对生态环境及种植产业本身带来

的弊端也日趋严重, 如生物多样性衰减、水土流失、土壤退化、病虫害加剧、作物品质下降等 (Leach *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2021; 任宗杰等,

基金项目: 广东省国际合作项目 (2023A0505050142); 广州市重点研发计划 (2023B03J1272); 广东省科学院技术创新与育成孵化服务平台建设 (2022GDASZH-2022020402-01)

作者简介: 黄明度, 男, 研究员, 研究方向为昆虫学, E-mail: huangmingdu@126.com

*通讯作者 Author for correspondence: 欧阳革成, 男, 博士, 研究员, 研究方向为农业害虫生物防治, E-mail: 18922369378@189.cn

收稿日期 Received: 2025-01-16; 修回日期 Revision received: 2025-04-01; 接受日期 Accepted: 2025-04-01

2023)。因此,符合环境安全、对作物健康、能实现可持续控制的综合策略和方法,正在成为国内外的现代农业病虫害防治的发展方向。通过调节景观生态系统,其中包括构建复合种植系统,来优化农业生态结构和功能,以增加生态系统的生物多样性从而提高稳定性;在此基础上,改善自然控制和生物防治的持续效能,是农业生态学的研究热点之一(Tahvanainen & Root, 1972; Risch *et al.*, 1983; Baliddawa, 1985; Altieri, 1991; 张润志和张广学, 1998; van Elsen, 2000; 戈峰, 2020; Gonzalez *et al.*, 2003; Hogg *et al.*, 2023; Xue *et al.*, 2023; 汪加佳等, 2024; 米莹莹等, 2024; 何北辰等, 2024)。本文对柑橘-藿香蓍复合种植系统控害作用的研究进行综述,为今后相关研究与应用提供参考依据。

1 柑橘-藿香蓍复合种植系统的构建与应用成效

柑橘是多年生常绿植物,广泛栽培于全球热带、亚热带地区,其年产量和种植面积均居水果品类首位,为世界第一大水果种类(奎国秀和祁春节, 2022)。但柑橘上的植食性节肢动物种类良多,如螨类、蚧类、蛾蝶类、蚜虫、粉虱、木虱等,同时也存在许多天敌。以害螨柑橘全爪螨 *Panonychus citri* 为例,其天敌就包括多种捕食螨:东方钝绥螨 *Amblyseius orientalis*、尼氏真绥螨 *Euseius nicholsi*、巴氏新小绥螨 *Neoseiulus barkeri* 等(吴伟南等, 2021)。捕食螨在对小型害虫害螨的控制上具有特别重要的地位与作用(吴伟南等, 2021)。但在化学农药大面积使用的柑橘园,天敌会受到严重的影响,病虫害的发生会显著增加(李志强等, 2009; 方小端等, 2012; 2014; Fang *et al.*, 2018; 宋子伟等, 2024)。其中,柑橘全爪螨的发生尤其严重,由于其个体小,世代发育时间短,繁殖力强,因此易产生抗药性,在失去天敌制约时,极易爆发成灾,导致严重的“3R”问题(即抗药性、再猖獗、残留),已经成为整个柑橘病虫害防控中的重点和难点之一(方小端等, 2013; 陈慧萍等, 2021; 吴伟南等, 2021; 潘登等, 2024)。

广东省科学院动物研究所(原广东省昆虫研究所)从1974年开始,就开展了捕食螨的人工繁

殖与田间释放研究,成为国内最早成功应用捕食螨进行田间防治的单位。与此同时也发现橘园间种或保留菊科杂草-藿香蓍(胜红蓍) *Ageratum conyzoides* (Linn.)对捕食螨具有良好的保护和增殖作用,因此在世界上首次构建了柑橘-藿香蓍复合种植系统,对柑橘全爪螨的控制效果非常明显(广东省昆虫研究所生物防治研究室和广州市沙田果园场农科所, 1978; McMurtry, 1982)。在广州市郊的田间试验(1979-1981年)结果显示,间种藿香蓍的2个柑橘园内藿香蓍叶片上的钝绥螨数量平均每叶0.3头左右,高者达1.1头。因此柑橘全爪螨的种群密度经常保持在低于防治指标的水平即少于0.1头/叶。在整个试验期间,2个柑橘园分别喷施了12次、13次化学杀螨剂如三氯杀螨醇、石硫合剂、西维因等。而在没有种植藿香蓍的柑橘园内,即使全程喷施了21次同样的化学杀螨剂情况下,柑橘全爪螨的种群密度更高(Huang *et al.*, 1981)。另外,在广东省从化市的俊辉果场,在果林下种植以藿香蓍为主的良性杂草,收到了诸如改土培肥、防止水土流失、捕食螨增加、橘全爪螨得到有效控制和化学农药用量减少的效果,并在1983年该果场被广东省农业厅命名为广东省生态示范园(黄明度等, 2008)。在柑橘园间种藿香蓍这项措施,在广西、湖北、浙江、湖南均产生了相似的生态效应和防控效果(黄明度等, 2008)。

该研究成果在1984年被国家经济委员会定为技术推广项目,由全国植保总站主持,在广东、广西、湖南、福建实施推广,柑橘园间种或保留藿香蓍这项技术的应用面积达到32 500 hm² (48.8万亩),占四省区挂果面积的26%,果品质量明显提高,果中化学农药残留明显减少,因此得到了国内外专家的肯定(庞雄飞等, 1988)。柑橘-良性杂草复合系统这一模式亦已被国外一些柑橘产区采用(Smith *et al.*, 1997)。

2 柑橘-藿香蓍复合种植系统的控害机制

2.1 藿香蓍改善果园小气候,为天敌提供良好生活环境

研究发现,植食性虫、螨比较喜欢干燥、阳光充足的环境,对极端气候耐受能力高,而捕食螨则需要阴蔽、温湿适中的环境(Huang *et al.*,

1981; Sugawara *et al.*, 2017; 朱安迪等, 2022; 倪召红等, 2023)。如柑橘上的主要天敌钝绥螨生长繁殖的适宜温度为 20~30℃, 相对湿度需 80% 以上 (黄明度等, 2011)。广东夏季的田间最高气温常接近或高于 35℃, 在单一柑橘种植园, 由于地面无草覆盖, 光秃的地面辐射大量的阳光热量, 使柑橘树冠温度高达 40~45℃, 相对湿度也很低 (黄明度等, 2011)。这种恶劣的小气候条件对钝绥螨很不利, 是其种群在夏季明显下降的原因 (黄明度等, 2011)。

橘园间种藿香蓟, 明显改善了橘园小气候。在夏季高温季节, 可使柑橘树冠外围温度从 40℃~45℃ 降至 35℃ 以下, 相对湿度提高了 7%~15% (Huang *et al.*, 1981; 周程爱等, 1994; 黄明度等, 2008)。这种小生境的改善, 有利于捕食螨种群的稳定和增长 (Huang *et al.*, 1981; 黄明度等, 2011)。

间种藿香蓟果园小气候的改善, 对柑橘糠片蚧 *Parlatoria pergandi* 的寄生蜂非常有利, 与常规化学防治相比, 糠片蚧的被寄生率提高了 3 倍 (周程爱等, 1994)。

2.2 藿香蓟为捕食螨提供庇护和繁殖场所, 是柑橘害虫天敌的库源

捕食螨的种群密度与果园藿香蓟密切相关, 果园内众多种类的杂草中, 藿香蓟上捕食螨的种类与柑橘上的最为相似 (Liang and Huang, 1994)。藿香蓟的叶片长满绒毛, 在捕食螨产卵时适宜卵粘附。它们在藿香蓟叶片上的密度常比在柑橘叶片上为高。藿香蓟为捕食螨提供了良好的栖息和繁殖场所, 增加了捕食螨在柑橘树间迁移的安全性和远距离活动的可能性。研究显示, 杀虫剂对柑橘树冠节肢动物亚群落多样性影响较大, 而对藿香蓟上节肢动物影响较小。藿香蓟上物种数量较稳定, 天敌类群的数量比及优势集中性较柑橘树冠节肢动物群落大, 天敌类群趋向于从地面向树冠迁移 (黄明度等, 2008)。在需要使用化学农药防治其他害虫或病害而引致柑橘树上的捕食数量明显减少时, 藿香蓟上的捕食螨是一个重要的补充源泉 (Huang *et al.*, 1981; Liang and Huang, 1994; 黄明度等, 2008)。

2.3 藿香蓟为捕食螨提供替代食物, 保证天敌种群的稳定和发展

捕食螨通常需要植物花粉等作为补充营养

(McMurtry, 1982; 吴伟南等, 2021; 赵文娟等, 2021)。藿香蓟在我国南方柑橘产区的夏、秋季和初冬都能开花, 其花粉及生活在叶上的一种啮虫科 Psocidae 昆虫的若虫是多种捕食螨的适宜食料, 适合其生存繁殖, 对捕食螨种群的稳定和发展具有明显的促进作用 (黄明度等, 1979; Huang *et al.*, 1981; 吴伟南等, 2021)。

2.4 藿香蓟通过分泌次生物质, 对病虫草害进行控制

藿香蓟对其它杂草有较强的化感作用, 可抑制其他杂草的生长, 大大减少清除其它杂草的成本 (孔垂华等, 1998, 2001; 陈建军等, 2002; Tran *et al.*, 2004; 黄明度等, 2008)。藿香蓟挥发油及其主要成分胜红蓟素 (Ageratochromene) 不仅具有杀虫活性, 而且可引起昆虫拒食和延迟蜕皮。藿香蓟的黄酮类物质对柑橘园主要病原菌如疮痂病菌 *Elsinoe fawcettii*、炭疽病菌 *Colletotrichum gloeosporioides*、白粉病菌 *Oidium tingenianum*、煤烟病菌 *Capnodium citri* 都有显著的抑制作用 (孔垂华等, 2001), 藿香蓟叶片水浸提液对香蕉枯萎病菌 *Fusarium oxysporum* 的抑菌率达到 69% (廉法卓等, 2019)。岑伊静等 (2003) 研究发现藿香蓟的乙醇提取物对柑橘潜叶蛾 *Phyllocnistis citrella* 的产卵驱避效果达 90% 以上。叶冬梅和柳必盛 (1992) 报道间种藿香蓟对吸果夜蛾的抑制作用显著。柑园间种藿香蓟对吸果夜蛾的抑制作用可能与藿香蓟植株产生的挥发性化学物质对吸果夜蛾成虫产生拒避作用有关。

2.5 藿香蓟通过改善土壤, 增强柑橘对病虫害的抗性

藿香蓟根浅, 无明显与柑橘争肥现象, 可作绿肥作物栽培 (黄明度等, 2008)。对广州市白云山农场连续两年种植藿香蓟的柑橘园土壤的养分含量的分析结果表明, 其全氮、全磷、全钾含量均比单一种植柑橘的果园高 (Huang *et al.*, 1981; 黄明度等, 2008)。周程爱等 (1994) 分析了湖南的橘园种植藿香蓟后土壤养分含量和土壤结构, 种草园较不种草园的土壤有机质含量增加 5%~32%、氮增加 0%~9%、磷增加 9%~102%、钾增加 0%~88%。种草的土壤总孔隙度提高 0.89%~4.71%, 土壤容重降低 0.02~0.11 g/cm³, 土壤含水量提高 1.8%~8%。在湖北分析比较橘园间种藿香

蓍和绿肥植物-印度豇豆的理化性质，橘园间种藿香蓍的土壤中，有机质、N、P的含量无论在土表层还是20 cm深度均比种植印度豇豆的要高。印度豇豆是具有根瘤菌的绿肥，从养分分析结果来看，藿香蓍比印度豇豆更能提高土壤肥力，表层土中有机质含量，前者是后者的1.24倍（黄明度等，2008；Zhang *et al.*, 2021）。藿香蓍对果园温湿度的改善，还利于柑橘根系的生长，柑橘裂果也明显减少（黄明度等，2008）。种植藿香蓍+增施有机肥使土壤含水量和养分含量增加，果实产量和品质提高（李金强等，2018）。藿香蓍对Pb、Cd、Cu、Mn等重金属污染以及农药污染的土壤具有很好的修复能力（杜浩等，2022）。此外，藿香蓍可显著改善土壤pH，使其向中性土壤转变；显著提高土壤细菌群落的多样性和丰度；显著降低果园中土壤积累的磷，在改善果园土壤环境的同时，降低磷素流失引起水体富营养化的风险（Zhang *et al.*, 2021；周颖等，2024）。这些因素，都有可能提高柑橘生长的健康水平，从而增强对病虫害的耐性和抗性。

3 选择合适的配套措施，保证柑橘—藿香蓍种植系统的控害效能

柑橘病虫害种类很多，即使在柑橘复合种植园，仍然需要施用农药进行控制（黄明度等，2008）。但这些农药也会杀伤天敌包括微生物天敌，从而影响其对害虫的控制效果。因此，合适的农药措施，可以减少其对复合系统控害作用的负面影响。研究表明，广谱性化学农药在橘园的使用，使植食性类群的百分比增加，而寄生性、捕食性、蜘蛛、腐食性的数量比减少；选择性化学农药的使用，使植食性类群的数量比减少，而寄生性、捕食性、蜘蛛、腐食性类群的数量比增加。这种差别在柑橘树冠节肢动物亚群落中更为明显。其中，植食性类群中的螨类数量在不同化学农药处理中差别尤为显著，这与广谱性化学农药对植食性螨类的天敌—食螨瓢虫、钝绥螨、亚非草蛉的大量杀伤有关（Liang and Huang, 1994；黄明度等，2009）。这表明，选择性化学农药，对柑橘—藿香蓍系统中天敌的负面影响较小，能较好保证其对害虫的控制效能。

4 讨论与展望

关于农田景观生态系统对害虫持续控制的原理，Tahvanainen 和 Root（1972）认为，与单一物种的作物系统相比，多物种的植物组合产生协同相互作用以减少植食性昆虫为害，称之为“联合抗性”。Root（1973）对“联合抗性”的作用机制提出了两种假说：一是资源集中假说，二是天敌假说。总之是多样化的植物会干扰植食性昆虫通过视觉和嗅觉等感觉器官对作物的搜索和选择，从而影响害虫对寄主作物的侵袭和为害；植被的多样化，也为天敌提供了广泛的异质生境库、丰富的替代猎物或食物和相对稳定的栖息庇护场所，增加了天敌资源种库，提升了天敌群落的多样化和稳定性，从而提高了生态系统对虫害控制的效能和可持续性（黄明度等，2008；Wan *et al.*, 2020；何北辰等，2024）。藿香蓍作为橘园地被，可通过改善利于捕食螨种群稳定和增长的小气候、丰富捕食螨的食物来源和栖息场所、增加捕食螨在植物间迁移的安全性和远距离活动的可能性，从而对柑橘全爪螨等重要害虫实现可持续控制。

良好的复合种植系统各植物间还可能存在相互协调的其它关系。筛选、应用相生植物或功能植物，如蜜源植物、储蓄植物、驱避植物、诱集植物、诱杀植物等，设置合理的配置方式与尺度，与作物组成复合种植系统或景观生态系统，才能更加有效地提高天敌丰富度，控制虫害发生（张润志和张广学，1998；陈学新等，2014；Balzan, 2017；戈峰，2020；Erich *et al.*, 2022；汪加佳等，2024）。藿香蓍可通过改良土壤、促进柑橘健康生长，以提高对病虫害的抗性和耐性。同时，还可通过挥发物和土壤分泌物质，对其它杂草和柑橘病虫害进行控制。藿香蓍上的节肢动物群落与柑橘树冠的节肢动物群落有着密切的关系。很多天敌既可生活于柑橘树上，又可取食和栖息于藿香蓍上，即可以从地面藿香蓍和柑橘树冠两个亚群落间相互迁移。藿香蓍和柑橘上的捕食螨群落结构也类似（Liang and Huang, 1994）。植绥螨在白天多栖息于藿香蓍上，晚上则从藿香蓍上转出至柑橘上（方小端等，2019）。在旋扭山绿豆 *Desmodium intortum* 与荔枝树之间也存在类似关系：两者具较少共同害虫，其害虫却存在多种共同天

敌, 而且两者花期基本衔接, 天敌昆虫在冬季开花的旋扭山绿豆上寻找越冬庇护场所和替代食物, 而后转至3月陆续开花的荔枝上, 对荔枝害虫进行有效控制(欧阳革成等, 2006)。

景观生态系统对病虫的控制作用一般是在相对稳定的环境下针对一些特定的病虫种类, 并不是对所有的植物性昆虫均有显著的控制作用。某些植物是作物天敌的补充食源和栖息场所, 也可能为某些作物病虫提供类似功能或是作物病害的寄主, 增加作物遭受病虫害的风险。如藿香蓟上茄科雷尔氏菌 *Ralstonia solanacearum* 也可侵染番茄、辣椒、花生、茄子等多种作物。藿香蓟还是多种双生病毒科 Geminiviridae 病原的宿主, 该类病原菌会危害番茄、黄瓜、棉花、小麦、玉米、花生和黑麦草等多种粮食和经济作物(卢慧林等, 2015, 2017; 杜浩等, 2022)。

生态环境变化如生物入侵、种植管理措施改变或全球气候变化, 均有可能影响节肢动物群落结构发生显著变化, 或使危害作物的主要害虫种类发生改变(Wu *et al.*, 2010; Raza *et al.*, 2015; 宫庆涛等, 2024; 张龙杰, 2024), 从而影响景观生态系统对病虫害的控制功能, 景观生态系统的架构也需因此进行相应的优化或改变。目前在南方地区, 由柑橘木虱 *Diaphorina citri* 传播的黄龙病成为目前毁灭柑橘产业的首要原因, 因此需重新通过筛选配置, 将景观生态系统从原先的主要利于柑橘全爪螨控制的功能调节为主要利于柑橘木虱和黄龙病控制或同时利于柑橘木虱和柑橘全爪螨控制的功能。

景观生态系统内各因子间的作用是复杂多维的, 除了通过食物链和食物网相互联系, 还可通过生境非生物因子、微生物和次生物质等产生复杂的影响。害虫天敌除了天敌昆虫和其他捕食性动物外, 还有诸多微生物天敌。景观生态系统改变生境, 对这些微生物天敌的生长繁殖与控害作用有无影响尚少报道。如何运用系统研究方法, 从宏观、微观多层次深入研究景观生态系统内各因子的作用及其相互关系, 借助现代技术手段如大数据分析模型和方法, 快速地设计与优化景观生态系统及其配套措施以控制病虫害, 可能是未来发展的方向之一。

参考文献 (References)

- Altieri MA. How best can we use biodiversity in agroecosystems [J]. *Outlook on Agriculture*, 1991, 20 (1): 15–23.
- Baliddawa CW. Plant species diversity and crop pest control [J]. *Insect Science and its Application*, 1985, 6 (4): 479–487.
- Balzan MV. Flowering banker plants for the delivery of multiple agroecosystem services [J]. *Arthropod-Plant Interactions*, 2017, 11: 743–754.
- Cen YJ, Pang XF, Zhang MX, *et al.* Oviposition repellent of alcohol extracts of 26 non-preferable plant species against citrus leafminer [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2003, 24 (3): 27–29. [岑伊静, 庞雄飞, 张茂新, 等. 26种非嗜食植物乙醇提取物对柑桔潜叶蛾的产卵驱避作用 [J]. 华南农业大学学报, 2003, 24 (3): 27–29]
- Chen HP, Cong L, Li FM, *et al.* Research progress on prevention and control of *Panonychus citri* (McGregor) [J]. *Pesticide Science and Administration*, 2021, 42 (5): 24–34. [陈慧萍, 丛林, 李凤敏, 等. 柑橘全爪螨防控研究进展 [J]. 农药科学与管理, 2021, 42 (5): 24–34]
- Chen JJ, Kong CH, Hu F, *et al.* Allelopathy of *Ageratum conyzoides* VIII. Allelopathic effects of residues on peanut and related weeds in the field [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (8): 1196–1201. [陈建军, 孔垂华, 胡飞, 等. 胜红蓟化感作用研究VIII. 植株对花生和相关杂草的田间化感效应 [J]. 生态学报, 2002, 22 (8): 1196–1201]
- Chen XX, Liu YQ, Ren SX, *et al.* Plant-mediated support system for natural enemies of insect pests [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2014, 51 (1): 1–12. [陈学新, 刘银泉, 任顺祥, 等. 害虫天敌的植物支持系统 [J]. 应用昆虫学报, 2014, 51 (1): 1–12]
- Division of Biological Control, Kwangtung Entomological Institute, Experimental Station, Sa-Tien Orchard, Canton. Studies on the integrated control of the citrus red mite with the predacious mite as a principal controlling agent [J]. *Acta Entomology Sinica*, 1978, 21 (3): 260–270. [广东省昆虫研究所生物防治研究室, 广州市沙田果园场农科所. 利用钝绥螨为主综合防治柑桔红蜘蛛的研究 [J]. 昆虫学报, 1978, 21 (3): 260–270]
- Du H, Zhu W, Zhao LJ, *et al.* Research progress on the utilization and potential risks of *Ageratum conyzoides* in agriculture [J]. *Subtropical Research*, 2022, 18 (3): 211–216. [杜浩, 朱文, 赵丽娟, 等. 藿香蓟在农业中的利用及其潜在风险研究进展 [J]. 亚热带农业研究, 2022, 18 (3): 211–216]
- Erich NS, Cindy LM, Lance SO. Chillithrips rose management using an *Amblyseius swirskii* or *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) pepper banker plant [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2022, 146 (10): 1281–1292.
- Fang XD, Lu HL, Song ZW, *et al.* Temporal and spatial distributions of phytoseiid mites on citrus, *Ageratum conyzoides* and *Praxelis clematidea* [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2019, 56 (4): 760–765. [方小端, 卢慧林, 宋子伟, 等. 植绥螨在桔树、藿香蓟和假臭草上的时空分布 [J]. 应用昆虫学报, 2019, 56 (4): 760–765]

- Fang XD, Ouyang GC, Lu HL, *et al.* Ecological control of citrus pests primarily using predatory mites and the bio-rational pesticide matrine [J]. *International Journal of Pest Management*, 2018, 64 (3): 262–270.
- Fang XD, Ouyang GC, Lu HL, *et al.* Studies on structure and diversity of phytoseiid groups in citrus orchards with different control treatments [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2014, 36 (2): 133–138. [方小端, 欧阳革成, 卢慧林, 等. 不同防治措施柑橘园植绥螨的类群结构与多样性研究 [J]. 环境昆虫学报, 2014, 36 (2): 133–138]
- Fang XD, Ouyang GC, Lu HL, *et al.* Study on the cooperative control effect of mineral oil and *Neoseiulus barkeri* on *Panonychus citri* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2012, 34 (3): 322–327. [方小端, 欧阳革成, 卢慧林, 等. 矿物油乳剂与巴氏新小绥螨对柑橘全爪螨的协同控制研究 [J]. 环境昆虫学报, 2012, 34 (3): 322–327]
- Fang XD, Ouyang GC, Lu HL, *et al.* The effects of different control measures on *Panonychus citri* and arthropod enemies in citrus orchards [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2013, 50 (2): 413–420. [方小端, 欧阳革成, 卢慧林, 等. 不同防治措施对柑橘全爪螨及橘园天敌类群的影响 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50 (2): 413–420]
- Ge F. From 'comprehensive' to 'integrated' pest management [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2020, 57 (1): 1–9. [戈峰. 害虫管理: 从“综合”到“整合” [J]. 应用昆虫学报, 2020, 57 (1): 1–9]
- Gong QT, Gong Z, Zhang KP, *et al.* Overview of the occurrence and prevention of *Bactrocera dorsalis* in the fruit and vegetable areas of northern China [J]. *Deciduous Fruits*, 2024, 56 (4): 8–15. [宫庆涛, 公正, 张坤鹏, 等. 橘小实蝇在中国北方果蔬区的发生与防控概况 [J]. 落叶果树, 2024, 56 (4): 8–15]
- Gonzalez N, Fauteux A, Louis JC, *et al.* Oviposition preference of the American hoverfly, *Eupeodes americanus*, between banker plants and target crops [J]. *Insects*, 2023, 14 (3): 295.
- He BC, Yan XY, Liu YX, *et al.* Research progress on ecological regulation of crop pests in non-crop habitat sand functional plants [J/OL]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2024. [何北辰, 闫雪影, 刘雨欣, 等. 非作物生境及其中功能植物生态调控作物害虫的研究进展 [J/OL]. 中国生物防治学报, 2024]
- Hogg BN, Nelson EH, Daane KM. A comparison of candidate banker plants for management of pests in lettuce [J]. *Environmental Entomology*, 2023, 52 (3): 379–390.
- Huang MD, Chen YG, Yang P, *et al.* Studies on Diversity of Insect Community in Polyculture Ecosystems [M]. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 2008. [黄明度, 陈亦根, 杨平等. 复合种植系统昆虫群落多样性研究 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2008]
- Huang MD, Mai XH, Li SX, *et al.* Preliminary study on the control of citrus red mite by amblyseius mite in hilly citrus orchard [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 1979, 5: 215–216. [黄明度, 麦秀慧, 李树新, 等. 丘陵地柑桔园利用钝绥螨防治桔全爪螨研究初报 [J]. 昆虫知识, 1979, 5: 215–216]
- Huang MD, Mai XH, Li SX. Biological control of citrus red mite, *Panonychuscitri* (McG.) in Guangdong Province [J]. *Proceedings of International Society of Citriculture*, 1981, 10: 643–646.
- Huang MD, Yang YP, Ouyang GC *et al.* Studies and Application of Phytoseiids in China [M]. Guangzhou: Sun Yat-sen University Press, 2011. [黄明度, 杨悦屏, 欧阳革成, 等. 中国植绥螨研究与应用 [M]. 广州: 中山大学出版社, 2011]
- Huang MD, Yang YP, Ouyang GC, *et al.* Studies on Citrus Insect Pests [M]. Guangzhou: Sun Yat-sen University Press, 2009. [黄明度, 杨悦屏, 欧阳革成, 等. 柑橘害虫研究 [M]. 广州: 中山大学出版社, 2009]
- Kong CH, Huang SS, Hu F. Allelopathy of *Ageratum conyzoides* V. Biological activities of the volatile oil from *ageratum* on fungi, insects and plants and its chemical constituents [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21 (4): 584–587. [孔垂华, 黄寿山, 胡飞. 胜红蓍化感作用研究 V. 挥发油对真菌、昆虫和植物的生物活性及其化学成分 [J]. 生态学报, 2001, 21 (4): 584–587]
- Kong CH, Xu T, Hu F. Allelopathy of *Ageratum conyzoides* II. Releasing mode and activity of main allelochemicals [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1998, 9 (3): 257–260. [孔垂华, 徐涛, 胡飞. 胜红蓍化感作用研究 II. 主要化感物质的释放途径和活性 [J]. 应用生态学报, 1998, 9 (3): 257–260]
- Kui GX, Qi CJ. Study on the evolution of world citrus trade pattern based on social network analysis [J]. *World Agriculture*, 2022, 6: 18–30. [奎国秀, 祁春节. 基于社会网络分析的世界柑橘贸易格局演化研究 [J]. 世界农业, 2022, 6: 18–30]
- Leach AB, Hoepting CA, Nault BA. Grower adoption of insecticide resistance management practices increase with extension based program [J]. *Pest Manage. Sci.*, 2019, 75 (2): 515–526.
- Li JQ, Luo Y, Luo SL, *et al.* Effects of planting *Ageratum conyzoides* and applying organic manure on yield and quality of Congjing citrus garden [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2018, 46 (2): 105–107. [李金强, 罗铎, 罗素兰, 等. 果园种植藿香蓍+增施有机肥对从江椪柑产质量的影响 [J]. 贵州农业科学, 2018, 46 (2): 105–107]
- Li ZQ, Liang GW, Cen YJ, *et al.* Roles of organic management in restoration of arthropod community diversity in citrus orchard [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28 (8): 1515–1519. [李志强, 梁广文, 岑伊静, 等. 有机管理对柑橘园节肢动物群落多样性恢复的作用 [J]. 生态学杂志, 2009, 28 (8): 1515–1519]
- Lian FZ, Xue RR, Lin XH, *et al.* Inhibitory effects of aqueous leachates and volatiles from *Allium tuberosum* and *Ageratum conyzoides* on *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2019, 40 (4): 40–46. [廉法卓, 薛蓉蓉, 林娴慧, 等. 韭菜和胜红蓍水浸提液和挥发物对香蕉枯萎病菌的抑制作用 [J]. 华南农业大学学报, 2019, 40 (4): 40–46]
- Liang WG, Huang MD. Influence of citrus orchard ground cover plants on arthropod communities in China: A review [J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 1994, 50: 29–37.
- Liu L, Zheng X, Wei X, *et al.* Excessive application of chemical fertilizer and organophosphorus pesticides induced total

- phosphorus loss from planting causing surface water eutrophication [J]. *Scientific Reports*, 2021, 11: 23015.
- Lu HL, Ouyang GC, Fang XD, *et al.* Survival observation of *Diaphorina citri* and detection of Huanglongbing on *Solanum nigrum* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2015, 37 (3): 543–547. [卢慧林, 欧阳革成, 方小端, 等. 龙葵上柑橘木虱存活观察与黄龙病检测 [J]. 环境昆虫学报, 2015, 37 (3): 543–547]
- Lu HL, Xun XY, Fang XD, *et al.* Effect of *Ageratum conyzoides* and *Eupatorium catarium* on the population of *Diaphorina citri* Kuwayama [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2017, 39 (6): 1214–1218. [卢慧林, 孙小媛, 方小端, 等. 藿香蓟和假臭草对柑橘木虱种群发展的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (6): 1214–1218]
- McMurtry JA. The use of phytoseiids for biological control: Progress and future prospects. In: Marjorie AH, ed. *Recent Advances in Knowledge of the Phytoseiidae* [M]. Berkeley: University of California, Division of Agricultural Sciences, 1982: 23–28.
- Mi YY, Yang YJ, Wang S, *et al.* Detection of functional plants in relation to the population dynamics of natural predators and pests [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2024, 46 (2): 489–497. [米莹莹, 杨亚洁, 王甦, 等. 基于捕食性天敌及害虫种群动态筛选功能植物的研究 [J]. 环境昆虫学报, 2024, 46 (2): 489–497]
- Ni ZH, Hou F, Zou MT, *et al.* Age-stage, two-sex life table of *Amblyseius herbicolus* at different temperatures [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2023, 60 (5): 1476–1482. [倪召红, 侯飞, 邹梦婷, 等. 不同温度下草蛉钝绥螨的两性生命表构建 [J]. 应用昆虫学报, 2023, 60 (5): 1476–1482]
- Ouyang GC, Yang YP, Liu DG, *et al.* Ecological control effects of *Litchi chinensis*-*Desmodium intortitum* complex plant ecosystem on litchi pests [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17 (1): 151–154. [欧阳革成, 杨悦屏, 刘德广, 等. 荔枝-旋扭山绿豆复合种植系统对荔枝害虫的生态调控作用研究 [J]. 应用生态学报, 2006, 17 (1): 151–154]
- Pan D, Niu JZ, Yuan GR, *et al.* An overview of *Panonychus citri*: From fundamental research to field application [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2024, 61 (3): 495–503. [潘登, 牛金志, 袁国瑞, 等. 柑桔全爪螨研究概述: 从基础到应用 [J]. 应用昆虫学报, 2024, 61 (3): 495–503]
- Pang XF, Hu SB, Pu ZL, *et al.* Technical appraisal report on "Integrated citrus pest management based on conservation and utilization of predatory mites against citrus red spider" [R]. (1988–1–14). [庞雄飞, 胡少波, 蒲蛰龙, 等. “以保护利用捕食螨防治红蜘蛛为主的柑橘病虫综合防治”技术鉴定意见 [R]. (1988–1–14)]
- Raza MM, Khan MA, Arshad M, *et al.* Impact of global warming on Insects [J]. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 2015, 48 (1): 84–94.
- Ren ZJ, Guo YW, Qin M, *et al.* 2022 national monitoring, evaluation, and control countermeasures for pesticide resistance of agricultural pests [J]. *China Plant Protection*, 2023, 43 (3): 62–71. [任宗杰, 郭永旺, 秦萌, 等. 2022年全国农业有害生物抗药性监测评估与治理对策 [J]. 中国植保导刊, 2023, 43 (3): 62–71]
- Risch SJ, Andow D, Altieri MA. Agroecosystem diversity and pest control: Data, tentative conclusions, and research directions [J]. *Environmental Entomology*, 1983, 12: 625–629.
- Root RB. Organization of a plant–arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*) [J]. *Ecological Monographs*, 1973, 43: 95–124.
- Smith D, Beattie GAC, Broadley RH. *Citrus Pests and Their Natural Enemies* [M]. Brisbane: QDPI Press, 1997.
- Song ZW, Zheng Y, Zhang BX, *et al.* The population dynamics of phytoseiid mites on tangerine Shatangju and the causes analysis [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2024, 61 (3): 582–593. [宋子伟, 郑苑, 张宝鑫, 等. 沙塘橘上植绥螨种群动态变化及原因分析 [J]. 应用昆虫学报, 2024, 61 (3): 582–593]
- Sugawara R, Ullah MS, Ho CC, *et al.* Temperature-dependent demography of two closely related predatory mites *Neoseiulus womersleyi* and *N. longispinosus* (Acari: Phytoseiidae) [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2017, 110 (4): 1533–1546.
- Tahvanainen JO, Root RB. The influence of vegetational diversity on the population ecology of a specialized herbivore, *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae) [J]. *Oecologia*, 1972, 10: 321–346.
- Tran DX, Tawata S, Nguyen HH, *et al.* Assessment of phytotoxic action of *Ageratum conyzoides* L. (billy goat weed) on weeds [J]. *Crop Protection*, 2004, 23 (10): 915–922.
- van Elsen T. Species diversity as a task for organic agriculture in Europe [J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2000, 77: 101–109.
- Wan NF, Zheng XR, Fu LW, *et al.* Global synthesis of effects of plant species diversity on trophic groups and interactions [J]. *Nature Plants*, 2020, 6 (5): 503–510.
- Wang JJ, Li S, Yang YJ, *et al.* Effects of key parameters in the field application of banker plant system on population colonization and pest control of *Coccinella septempunctata* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2024, 46 (6): 1271–1278. [汪加佳, 李姝, 杨亚洁, 等. 储蓄植物系统田间应用关键参数对七星瓢虫种群定殖及控害的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2024, 46 (6): 1271–1278]
- Wu KM, Lu YH, Jiang YY, *et al.* Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China [J]. *Science*, 2010, 328: 1151–1154.
- Wu WN, Fang XD, Ouyang GC, *et al.* *Phytoseiidae* Systematics and Management of Pests [M]. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 2021. [吴伟南, 方小端, 欧阳革成, 等. 植绥螨系统学及其对有害生物的治理 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2021]
- Xue ZX, Peng TX, Liu B, *et al.* Licorice strips enhance predator-mediated biological control in China's cotton crop [J]. *Pest Management Science*, 2023, 79: 781–791.
- Ye DM, Liu BS. Control fruit-sucking moths in orange orchards interplanting with *Ageratum conyzoides* [J]. *Chinese Citrus*, 1992, 21 (4): 42. [叶冬梅, 柳必盛. 桔园间作藿香蓟抑制吸果夜蛾为害 [J]. 中国柑桔, 1992, 21 (4): 42]

- Zhang LJ. Occurrence and control strategy of *Diaphorina citri* in Huaihua, Hunan [J]. *China Fruit News*, 2024, 41 (1): 61–63. [张龙杰. 湖南怀化柑桔木虱发生情况及防控对策 [J]. 中国果业信息, 2024, 41 (1): 61–63]
- Zhang RZ, Zhang GX. The importance of mutual plants in biological control of pests [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 1998, 14 (4): 176–180. [张润志, 张广学. 相生植物在生物防治中的作用 [J]. 中国生物防治, 1998, 14 (4): 176–180]
- Zhang Y, Han MZ, Song MN, *et al.* Intercropping with aromatic plants increased the soil organic matter content and changed the microbial community in a pear orchard [J]. *Frontiers in Microbiology*, 2021, 12: 616932.
- Zhao WJ, Xia S, Zheng WW, *et al.* Effects of predatory mite-pest mite ratio and pollen presence on population dynamics of *Amblyseius eharai* and *Panonychus citri* [J]. *Plant Protection*, 2021, 47 (1): 148–152. [赵文娟, 夏爽, 郑薇薇, 等. 益害比及花粉存在对江原钝绥螨和柑橘全爪螨种群动态的影响 [J]. 植物保护, 2021, 47 (1): 148–152]
- Zhou CA, Zou JJ, Huang SD. The effects of *Ageratum* interplantation in hilly citrus orchard in Hunan Province on citrus mite and insect populations [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 1994, 21 (1): 57–62. [周程爱, 邹建楠, 黄绍东. 湖南丘陵桔园间种藿香蓍对桔树螨类和昆虫的影响 [J]. 植物保护学报, 1994, 21 (1): 57–62]
- Zhou Y, Zhou XW, Huang ZF, *et al.* Effects of orchard grass cultivation of invasive plant *Ageratum conyzoides* L. on soil nutrients and bacterial community in orchard [J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2024, 42 (6): 1308–1315. [周颖, 周鑫伟, 黄再发, 等. 入侵植物藿香蓍在果园生草中对土壤养分及细菌群落的影响 [J]. 四川农业大学学报, 2024, 42 (6): 1308–1315]
- Zhu AD, Wang YS, Fang C, *et al.* Functional response of predatory mite *Neoseiulus bicaudus* on western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* at different temperatures [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2022, 44 (2): 430–439. [朱安迪, 王映山, 方晨, 等. 不同温度下双尾新小绥螨对西花蓍马的捕食功能反应 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (2): 430–439]